

*In 1937, the meteorologist Joachim Kuettner used several gliders to study and map a large-scale, yet hitherto unknown, atmospheric phenomenon called mountain waves. He also examined an accompanying occurrence that stood in contrast to these calm, gigantic waves: relatively small air pockets of extreme turbulence, so-called "rotors". The present paper puts Kuettner's investigations into the larger context of meteorological instrumentation, glider mania in Germany between the two world wars, and the buildup of Nazi air power. It also traces the connections to such wildly diverse topics as the analog computer or the transcendent dizziness of the pilot, and follows mythological references. In doing so, the paper seeks to contrast the history of meteorology with a broader epistemological approach, and to juxtapose the discovery of a somewhat schizophrenic and diabolic atmospheric phenomenon with an escalating political situation. — Keywords: Joachim P. Kuettner, gliding, mountain waves, history of meteorology, Third Reich*

1 / Die in der physikalischen Strömungslehre wesentliche Reynolds-Zahl ( $Re$ ) stellt das Verhältnis von Trägheits- zu Zähigkeits- bzw. Reibungskräften in einem Fluid dar. Überschreitet die Reynolds-Zahl – etwa durch

Christoph Rosol, Rotoren und Leewellen. Figuren der (In-)Stabilität um 1937

1.  $Re = \rho^1$

Rübezahl, der uralte Herr des Riesengebirges, wird noch in älteren Darstellungen oft mit den ungestümen Erscheinungen der rauhen Natur verbunden. Bevor Johannes Praetorius in seiner *Daemonologia Rubinzalii Silesii* von 1662 ihm den reinen „Elementarischen Leib“<sup>2</sup> absprach und ihn zu einer vielgestaltigen, schalkhaften Figur der Volkssage traktierte und in der Folge Johann Karl August Musäus als schlesischen Kobold in die bürgerliche Literatur entführte, bezeugten bereits Caspar Schwenckfeld und Nicolaus Henel Rübezahls Dasein als Wettergeist.<sup>3</sup> Noch Ende des 19. Jahrhunderts wird er in *Meyers Konversationslexikon* u. a. als „der (wunderliche) ‚Wetterherr‘ des Riesengebirges“ beschrieben: „Unerwartet (neckisch) sendet er Blitz und Donner, Nebel, Regen und Schnee vom Berg nieder, während eben noch alles im Sonnenglanz lag. Er nimmt die verschiedensten Gestalten an, besonders zeigt er sich als Mönch in aschgrauer Kutte (Wodan im Wolkenmantel) auf dem Berg und hält ein Saitenspiel in der Hand (die Sturmescharfe)“.<sup>4</sup> Eine der vielen Etymologien seines rätselhaften Namens ist denn auch „Hriob Zagel“, ein aus dem Althochdeutschen und Tschechischen komponierter Begriff für „rauhes Stürm“.

Ob nun stürmendes Wettergespenst oder koboldhafter Bergschatz, gleichlautend ist allemal der launische und wechselhafte Charakter der Figur. Rübezahl ist unberechenbar und als solcher durchaus auch immer Personifikation des für das Riesengebirge so charakteristischen, häufigen Wetterumschwungs: „Heute der wärmste Freund, morgen fremd und kalt“.<sup>5</sup> Er, das Gebirge selbst, ist Wettermacher.

Geschwindigkeitserhöhung – einen kritischen Wert (in der klassischen Rohrströmung liegt dieser i. d. R. um 2300), wird eine bislang gleichförmige und schichtstabile (laminare) Strömung anfällig für kleinste Störungen. Die Strömung wird turbulent.

2 / Johannes Praetorius: *Daemonologia Rubinzalii Silesii*, Leipzig 1662, S. 233.

3 / Johann Karl August Musäus: „Legenden von Rübezahl“, in ders., *Völkemährchen der Deutschen*, Gotha 1783; Caspar Schwenckfeld: *Hirschbergischen warmen Bades in Schlesien unter dem Riesen Gebürge gelegen kurtze und einfältige Beschreibung*, Görlitz 1607; Nicolaus Henel: *Silesiographia*, Frankfurt 1613.

4 / „Rübezahl“, in: *Meyers Konversations-Lexikon* 13 (1888), S. 1021.

5 / Musäus, *Legenden*, S. 5.

6 / Carl Hauptmann: *Rübezahlbuch*, Leipzig 1918, S. 10.

Das Riesengebirge ist der höchste und imposanteste Teil der Sudeten, gekrönt von der 1602 m hohen Schneekoppe. Auf der tschechischen Seite steigt das Gebirge vom böhmischen Tafelland aus allmählich an, während es auf der Nordseite im heutigen Polen steil zum Hirschberger Tal hin abfällt. Das Klima ist in der Regel schroff und wild, entlang der von Gletscherkaren zerklüfteten Kammlinie herrschen noch endemische Vegetationsreste der arktischen Tundra vor, wie sie die letzte Eiszeit hinterlassen hat. Und so wundert es nicht, dass das Gebirge und sein Geist gleichursprünglich zu sein scheinen. „Rübezahl ist selber alt wie die Steine“, schrieb Carl Hauptmann: „[V]ermutlich so alt wie die Riesenwoge aus Granit, die schon in Urzeiten zwischen Böhmen und Schlesien ausrollte und zum Riesengebirge erstarrte.“<sup>6</sup>

Tatsächlich erzeugt diese Riesenwoge unter bestimmten Windbedingungen eine gigantische, stehende Schwingung in der Luft. Diese Schwingung ist unter Umständen so gewaltig, dass sie die gesamte Troposphäre bis hinein in die Stratosphäre durchmisst, und so still, dass sie erst in den dreißiger Jahren des 20. Jahrhunderts entdeckt und erforscht werden konnte. Unter dieser stationären und in sich völlig turbulenzfreien Welle tosen zugleich heftige Wirbelwalzen, sogenannte Rotoren, deren extreme Rotationskräfte selbst Verkehrsflugzeuge manövrierunfähig machen können. Gebirgs- bzw. Leewellen und Rotoren bilden

1 Rübezahl als teutonischer Kitsch-Wettergeist (Kreidezeichnung von A. Pfohl, 1937, Schlesisches Museum Görlitz)



zusammen ein extremes meteorologisches Phänomen – sie zeigen die unmittelbare Nachbarschaft von atmosphärischer Stabilität und Instabilität. Von dieser eigenartigen Atmomorphologie und den experimentellwissenschaftlichen Bedingungen ihrer Erkenntnis soll im Folgenden die Rede sein.

## II. $Re = 100$

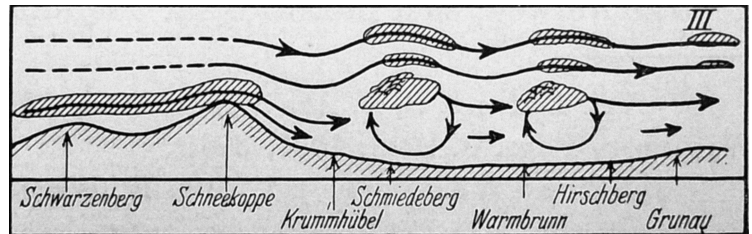
Wird eine kräftige, horizontal stabile Atmosphärenströmung durch ein genügend breites orographisches Hindernis (ein Gebirge) gestört, so wird sie zunächst vertikal nach oben ausgelenkt und fällt im Abschluss des Hindernisses (im Lee) aufgrund der Gravitationskraft wieder nach unten. Die Trägheit der Atmosphäre lässt dabei die Strömung ihre ursprüngliche Höhe unterbieten und anschließend durch Totalreflexion wieder in die Höhe schießen. Die stabil geschichtete Atmosphäre stellt dabei ein schwingungsfähiges Medium dar, sodass sich dieser Vorgang periodisch wiederholt; die so entstandenen quasi-laminaren, übereinander liegenden Schwerewellen (als Ganzes als Leewelle bezeichnet) pflanzen sich – je nach Komplexität des Terrains – noch über weite Strecken mehr oder weniger harmonisch schwingend in die Ebene fort.

Die stationäre Leewelle ist dabei nur sichtbar, wenn die sie durchströmende Luft genügend Feuchtigkeit mit sich trägt, sodass sich durch Kondensation in ihren übereinander liegenden Scheitelpunkten charakteristische, linsenförmige Wolken (Lenticularis) herausbilden. Diese einmaligen stehenden Wolken, die sich praktisch an ihrer Vorderseite immer wieder neu bilden, während sie sich an der Rückseite zugleich auflösen, sind daher in der Regel ein Zeichen für eintreffendes Schlechtwetter. Aufgrund ihrer scharf gezeichneten und häufig irisierenden Vorderkanten werden sie zudem gelegentlich als UFOs missinterpretiert. In den

2 Leewelle und Rotor über dem Hirschberger Tal in schematischer Darstellung: Am Riesengebirgskamm staut sich eine sogenannte „Föhnmauer“, auf den Leewellenbergen sitzen Moazagotl-Wolken, darunter drehen sich Rotoren (aus: Küttner, Moazagotl, S. 113)

7 / Robert F. Whelan: *Exploring The Monster. Mountain Lee Waves: The Aerial Elevator*, Brawley 2000, S. 5.

8 / Joachim Küttner: „Moazagotl und Föhnwelle“, in: *Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre* (BPA) 25 (1939), S. 79-114, hier S. 80.



Alpen bezeichnet man diese Lenticularis-Wolke zumeist als Föhnwolke bzw. Föhnfisch. Die oftmals viele Kilometer parallel zum Gebirge lang gestreckte Wolke über dem Hirschberger Tal wird hingegen „Moazagotl“ genannt. Über diesen seltsamen Namen von schillerndem Lokalkolorit herrscht Uneinigkeit. Eine Herleitung besteht darin, dass es sich um eine schlesische Beschreibung für „Bart des feindlichen Dämons“, wohl in Anlehnung an das fransige Aussehen der Rückseite der Wolke, handelt.<sup>7</sup> Wahrscheinlicher – wenn auch nicht schöner – ist jedoch folgende Erklärung:

„Ursprünglich sagte man im schlesischen Dialekt ‚Moazagotls Waterwulke‘, d.h. aller Wahrscheinlichkeit nach ‚Matz-Gottliebs Wetterwolke‘. Da war also ein wetterkundiger Bauer in Warmbrunn, namens Gottlieb Matz, der beim Auftreten dieser Wolke am Riesengebirge für die nächsten 24 Stunden schlechtes Wetter prophezeite.“<sup>8</sup>

So jedenfalls gibt es ein im Februar 1938 gehaltener Lichtbildvortrag vor dem Berliner Zweigverein der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft wieder, der das Wellenphänomen im Lee des Riesengebirges möglichst umfassend zu beschreiben suchte und ein Jahr später in den *Beiträgen zur Physik der freien Atmosphäre* abgedruckt wurde. Vortragender war ein gewisser Joachim Küttner, promovierender Meteorologe an der Universität Hamburg. Küttner, Sohn eines Breslauer Chirurgen, der Ende des 19. Jahrhunderts erstmalig Kriegsverwundete mit Röntgenapparaten

9 / Hermann Küttner: „Über die Bedeutung der Röntgenstrahlen für die Kriegschirurgie nach Erfahrungen im Griechisch-Türkischen Krieg 1897“, in: *Beiträge zur Klinischen Chirurgie* 20 (1898), S. 167–230.

10 / Hessam Taba: „Interview with Dr. J. P. Kuettner“ (Boulder, CO, 18. April 1989), in: ders. (Hg.), *The Bulletin Interviews*, Geneva 1989, S. 35–48, hier S. 38 (Übers. d. Verf.).

durchleuchtete,<sup>9</sup> hatte nach einem 1931 mit dem Dokortitel abgeschlossenen Jurastudium zunächst als Referendar an verschiedenen Provinzgerichten gearbeitet. Allerdings empfand er die „sogenannte ‚Wissenschaft‘, menschliche Gesetze zu interpretieren“, zumal in der baldigen Neuinterpretation der Nationalsozialisten, als höchst „unbefriedigend“.<sup>10</sup> Seine private Begeisterung für den Segelflug trieb ihn daher zur Meteorologie, und als es um die Wahl seines (zweiten) Promotionsthemas ging, sah er die Chance, seine Leidenschaft mit seiner neuen Profession zu verbinden. In Absprache mit seinem Doktorvater Paul Raethjen reiste Küttner im Frühjahr 1937 nach Grunau nahe Hirschberg, zu seiner alten Segelflugschule, um das spektakuläre Aufwindphänomen der Gebirgswellen zu ergründen.

### III. *Re* = 1000

Der Segelflug war in Weimar-Deutschland sowohl zu einer Art Volkssport als auch einer experimentellen Wissenschaftsmethode geworden. Fristete der Gleitflug nach Abflauen der Lilienthal-Aufregung zunächst ein eher marginales Dasein, so führte das Verbot von Motorflugzeugen im Versailler Vertrag, insbesondere in den Reihen der neu entstandenen Spezies Weltkriegsflieger, zu einem erneuten Interesse. Der zermürbende Kampf an der Westfront wurde zum permanenten Kampf gegen die Sinkgeschwindigkeit des motorlosen Flugzeugs umdefiniert. Im Sommer 1920 fand der weltweit erste Segelflugwettbewerb auf der Wasserkuppe in der Rhön statt. Die Flugdauer wurde dabei noch in Sekunden gemessen. Allerdings traf eine Woche nach dem Turnier ein neuartig geformter Eindecker vom Institut für flugtechnische Aerodynamik in Aachen ein. Mithilfe eines Gummiseilstarts gelang es dem Konstrukteur Wolfgang Klemperer, einem Assistenten Theodore von Kármáns,

11 / Peter Fritzsche: *A Nation of Flyers: German Aviation and the Popular Imagination*, Cambridge, 1992, S. 108. Den Grund für die Verspätung des sogenannten „Schwaten Düwels“ weiß von Kármán selbst zu erzählen: die geheime Reise des in seine Einzelteile zerlegten Leichtflugzeugs durch drei Besatzungszonen (Theodore von Kármán: *Die Wirbelstrasse: mein Leben für die Luftfahrt*, Hamburg 1968 (orig. 1967), S. 121 f.)

12 / Walter Georgii: *Beitrag zur Geschichte der Deutschen Forschungsanstalt für Segelflug*, Bericht 69–04, Deutsche Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DVL) 1969, S. 8.

13 / Harald Koschmieder: „Aufwind und Segelflug“, in: *Die Naturwissenschaften* 27/45 (1939), S. 745–754, hier S. 750.

erstaunliche 1830 m weit über die Hügel zu gleiten.<sup>11</sup> Zwei Jahre später hatte man bereits gelernt, Hangaufwinde zu nutzen und ging vom Gleiten zum tatsächlichen Segeln über. Einige Teilnehmer des Rhönwettbewerbs 1922 zogen schon volle Stunden lang ihre Bahnen über der Wasserkuppe. Der 1924/1925 gegründete Flugverein „Rhön-Rossitten-Gesellschaft“ – in den Dünen nahe dem ostpreußischen Rossitten befand sich ebenfalls eine frühe Segelflugschule – und insbesondere deren Forschungsabteilung unter dem Meteorologen Walter Georgii machte es sich zur Aufgabe, den motorlosen Flug vom Hangsegeln im räumlich abgegrenzten Gebiet des erzwungenen Aufwinds zum thermischen Segelflug im freien Raum über der Ebene zu entwickeln und dazu die meteorologischen Bedingungen des Segelflugs, also insbesondere die Auf- und Abwinde, methodisch zu erforschen. Das Segelflugzeug sollte zum Forschungsmittel seines eigenen Mediums werden.

Tatsächlich nimmt der Segelflug eine Sonderrolle in der messtechnischen Penetration der Atmosphäre ein. Während die thermodynamischen Grundlagen der Meteorologie selbstverständlich bestens bekannt waren, fehlte es doch lange Zeit noch an systematischen Messungen der vertikalen Komponente des Windes.<sup>12</sup> Zwar arbeitete man bereits seit Jahrzehnten mit Ballon- und Drachenvisierungen. Diese hatten allerdings den Nachteil, dass sie einerseits an einen Beobachtungsort gebunden und andererseits, aufgrund von Bewölkung, auch nur bis zu einer bestimmten Höhe stattfinden konnten. Zudem ist die Bahn von Ballonen praktisch nur bei quasi-laminaren Strömungsverhältnissen mit der Bewegung ihrer Umgebung identisch – in un stetigen oder turbulenten Zonen führt der ständig wechselnde Unterschied zwischen Innendruck und Außendruck zu Fehlmessungen.<sup>13</sup> Zu guter Letzt blieb auch die Messung selbst, nämlich die Anpeilung von aufsteigenden (Fessel-)Drachen bzw. -Ballonen mithilfe von Theodoliten, äußerst ungenau: Gerade



14 / P. Raethjen / H. Knott: „Flugeigenschaftsbestimmung durch kinematographische Flugvermessung“, in: *Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt* (ZFM) 17 (1926), S. 512–524, hier S. 512.

15 / Pierre Idrac: *Experimentelle Untersuchungen über den Segelflug mitten im Fluggebiet grosser segelnder Vögel* (Geier, Albatros usw.), München 1932 (orig. 1921), S. 26 ff.

16 / Vgl. Begleitwort von Walter Georgii in Idrac, Albatros, o. S. Für den speziellen, nämlich dynamischen Segelflug der Albatrosse interessierte sich insbesondere auch der Doyen der deutschen Hydro- und Aerodynamikforschung Ludwig Prandtl (Ludwig Prandtl: „Beobachtungen über dynamischen Segelflug“, in: ZFM 17 (1926)). Die Segelfliegerei hatte ohnehin dessen Segen. Prandtl reiste sogar extra nach Aachen, um zusammen mit seinem ehemaligen Schüler von Kármán Segelflugseminare abzuhalten (von Kármán, Wirbelstraße, S. 122 f.).

17 / Raethjen / Knott, Flugeigenschaftsbestimmung. Die komplexe Filmapparaturnahm drei gespiegelte und synchronisierte Aufnahmen von Flieger, Koordinatentafel und Uhr auf.

18 / Paul Raethjen: „Das zweidimensionale, atmosphärische Stromfeld um ein Hindernis“, in: ZFM 17 (1926), S. 185–192, hier S. 190. Vgl. auch Koschmieder, Aufwind, S. 745.

einmal vier Positionen in der Minute konnten so eingemessen werden, wobei die räumlichen Koordinaten der Messung auch noch unerhört subjektiv blieben.<sup>14</sup> Eine zuverlässige Kartierung eines ganzen Aufwindfeldes war damit praktisch unmöglich.

Das Aufkommen von Windkanalmessungen machte bereits einen Unterschied. Der Meteorologe Pierre Idrac beispielsweise benutzte an einem Drachendraht befestigte, leichte Fähnchen bzw. Wimpel als Anzeiger des Strömungsfeldes.<sup>15</sup> Die spezifische Eigengewichtsneigung der Wimpel wurde vorher als Funktion der Windgeschwindigkeit im Strömungskanal bestimmt und diente bei den eigentlichen Messungen in der freien Atmosphäre als Korrektiv. Idracs Experimentierfreude ist auch insofern wichtig, als er bereits direkt nach dem Ersten Weltkrieg kinematographische Verfahren einsetzte und auf diversen Tropenexpeditionen den Segelflug von Albatrossen, Sturmschwalben oder auch fliegenden Fischen filmte. Seine daraus abgeleiteten, chronofotografischen Erkenntnisse bildeten jahrelang eine der wesentlichen Grundlagen bei der Suche der Rhön-Rossitten-Gesellschaft nach dem heiligen Gral des thermischen Segelflugs.<sup>16</sup>

Auch dort laborierte man mit kinematografischer Aufwindforschung. Paul Raethjen selbst entwickelte während seiner Zeit auf der Wasserkuppe ein cartesisches „Meßkino“, mit welchem die Bahn eines Segelflugzeuges mit 20 Messpunkten pro Sekunde abgelichtet und fotogrammetrisch ausgewertet werden konnte.<sup>17</sup> In Zusammenarbeit mit Raethjen untersuchte F. Wagner in Rossitten die Vertikalströmung über den Dünen der Kurischen Nehrung mithilfe der „kinofotografischen“ Vermessung emporgeschossener Rauchwölkchen. Auch dieses Verfahren entlehnte sich der Strömungskanalpraxis: Ludwig Prandtl in Göttingen und Friedrich Ahlborn in Berlin hatten bereits mit der Rauchfotografie experimentiert.<sup>18</sup>

19 / Koschmieder, Aufwind, S. 747.

20 / Walter Georgii: *Forschen und Fliegen*, Tübingen 1954, S. 195 ff.

21 / Georgii, Geschichte, S. 9 (Herv. d. Verf.).

22 / Von Kármán widmet in seiner Autobiografie ein ganzes Kapitel der „glider craziness“ in den Jahren der Weimarer Republik (von Kármán, Wirbelstraße, S. 123). Weiter heißt es: „In der Meteorologie lernten wir durch den Segelflug, wie Flugzeuge die Strömungen nutzen können, um ihre Geschwindigkeit zu erhöhen; wir deckten die Gefahren von verborgener Turbulenz in der Atmosphäre auf und initiierten das allgemeine Studium der Wettereinflüsse auf die Luftfahrt. Es ist interessant festzustellen, daß der Segelflug mehr zur Entwicklung der Luftfahrtwissenschaft beigetragen hat als das meiste von der Motorfliegerei im ersten Weltkrieg.“ (Ebd., S. 126)

Eine wirkliche konstruktionstechnisch informierte Meteorologie der Aufwinde (und vice versa) konnte allerdings erst mit der Loslösung von bodennahen Messoperationen gelingen. Bis dahin hatte man in der Regel immer nur Messungen in der mehr oder weniger turbulenten Grenzschicht der Atmosphäre vorgenommen und dies auch nur punktuell. Wirkliche Aufwindströmungen finden allerdings erst ab einer Höhe von mehreren hundert Metern statt. Erst mit dem Vordringen von Segelflugzeugen in dieses Niveau gelang eine unabhängige und wirklich raumgreifende Einmessung des Strömungsfeldes. Im Sommer 1926 geriet ein Rhön-Hangsegler erstmalig in den Auftrieb einer Gewitterwolke und damit in Höhen, die ihn unabhängig vom Gelände machten.<sup>19</sup> Zwei Jahre später gelang es Georgiis Mannschaft, auch die etwas schwächere Konvektion unter einer einfachen Cumuluswolke zu nutzen. Anstatt von Hang zu Hang konnte man sich nun von Wolke zu Wolke „hangeln“, und damit realiter ganze Auf- und Abwindfelder geradezu abtasten.<sup>20</sup> „Mit der Erschließung des thermischen Segelfluges ist das Segelflugzeug ... ein wertvolles Messgerät geworden.“<sup>21</sup> Der Gleiter in bodennahen Überströmungen wurde zu einem meteorologischen Vehikel im freien „Luftmeer“. Das unmittelbare Ergebnis eines inzwischen „segelflughärrischen“ Deutschland war der Eintritt einer Flugzeugbastelei in eine explizite Flugwindforschung.<sup>22</sup> Im gegenseitigen Bedingen von Aerodynamik und Meteorologie, von Flugzeugkonstruktion und Auftriebskenntnis hatte die uralte Kulturtechnik des Segelns die dritte Dimension erobert. Wolkenflüge und mehr noch die spektakulären Flüge dicht vor einer Gewitterfront, die eine Steiggeschwindigkeit wie jene von Jagdflugzeugen zuließen, führten in den kommenden Jahren zu immer neuen Streckenrekorden von mehreren hundert Kilometern. Dieser aerologisch brisant gewordenen Rolle des Segelfluges wurde 1933 im Zuge der Gleichschaltungs-Restrukturierung Rechnung getragen, indem die Rhön-Rossitten-



23 / Als da waren: Aerodynamische Versuchsanstalt Göttingen, Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt in Berlin-Adlershof sowie die bald darauf gegründete Luftfahrtforschungsanstalt in Braunschweig und das Flugfunk-Forschungsinstitut Oberpfaffenhofen (Georgii, Geschichte, S. 15).

24 / Der dazugehörige Galgen wurde 1778 im Laufe des letzten Kabinettskrieges, dem unblutigen Bayerischen Erbfolgekrieg, von den Preußen weggerissen (Johann D. Hensel: *Historisch-topographische Beschreibung der Stadt Hirschberg in Schlesien seit ihrem Ursprunge bis auf das Jahr 1797*, Hirschberg 1797, S. 722).

25 / So der Titel von Peter Fritzsches bekannter Studie über die mächtige Imaginationskraft der Fliegerei im Deutschland der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts: Fritzsche, Nation. Insgesamt gab es 1931 bereits um die drei Dutzend Segelflugschulen in Deutschland (ebd., S. 120).

Gesellschaft in Deutsches Forschungsinstitut für Segelflug (DFS) umbenannt und zunächst Görings Deutschem Luftsportverband unterstellt wurde, während sie sich zugleich örtlich auf ihren neuen Standort in der Nähe von Georgii's Darmstädter Institut für Flugmeteorologie konzentrierte. Wenig später schlüpfte sie dann unter die Fittiche des Reichsluftfahrtministeriums und gliederte sich damit in die Reihe der bereits bestehenden, großen Flugforschungseinrichtungen ein.<sup>23</sup>

#### IV. *Re* = 2290

Im gleichen Jahr wurde über Grunau erstmals eine Leewelle mit einem Segelflugzeug durchflogen. Schon seit Beginn der zwanziger Jahre hatte sich der Galgenberg nördlich von Hirschberg<sup>24</sup> als idealer Startplatz für Segelflugzeuge etabliert. 1931, direkt im Anschluss an seinen spektakulären Thermikflug entlang der Hochhäuser von New York, hatte Wolf Hirth, beinprothesenbewehrter Sieger des Avus-Motorradrennens von 1926 sowie des Hindenburg-Pokals im Motorsportflug 1929, regelmäßiger Rhön-Teilnehmer (1932 als Sieger) und Looping-Weltrekordhalter, überdies Entdecker des Steilkreisens und Konstrukteur zahlreicher Flugzeugtypen, die Leitung der Klubschule für Segelflugsport Grunau übernommen. Nicht zuletzt aufgrund seines Namens etablierte sich Grunau in den kommenden Jahren – neben der Wasserkuppe und den Rossitten – zu einem dritten Segelfluggzentrum in der wiedererweckten "Nation of Fliers"<sup>25</sup>. Auch Hanna Reitsch aus Hirschberg radelte nach der Schule oft den Galgenberg hoch und schaute den Fliegern zu. 1932 machte sie dann ihre ersten Segelflugscheine und Weltrekorde und lernte den jungen Wernher von Braun kennen. Etwa zur selben Zeit erwarb der Breslauer Rechtsreferendar Joachim Küttner seine Grunauer Lizenz. Am 3. 3. 1933, dem 33. Tag nach Hitlers folgenreichem Aufstieg zum

80-81  
10-11 / 26

ilinx 1, 2009  
*Rosol*, Rotoren und Leewellen

3 Blick vom Galgenberg in Richtung Riesengebirge am 21. Nov. 1938. Zu erkennen ist die Föhnmauer am Kamm. Über dem Galgenberg selbst steht eine mächtige Moazagotl-Wolke der ersten Welle, dazwischen die wolkenfreie „Föhnlucke“. Im Vordergrund ein Schulgleiter Grunau 9. (Aus: Küttner, Entstehung, S. 280)



Reichskanzler, beobachtete Hirth, wie sein Kollege Hans Deutschmann im Grunau Baby, einem von ihm, Hirth, mitentworfenen Übungsflieger, fernab des Grunauer Galgenbergs in Gegenwindrichtung und völlig ohne thermisches Kreiselnd stetig emporstieg. Hirth machte sein eigenes Grunau Baby startklar und ließ sich von einem Motorflugzeug zu Deutschmann hochschleppen. Ihre Position direkt über Hirschberg nie verlierend, stiegen die beiden in immer größere Höhen auf. Bis zum Abend durchflogen sie den seltsamen Vertikalwind noch mehrmals. Hirth folgerte, dass die-

26 / Whelan, Monster, S. 1 f.

27 / Angehängter Lebenslauf in: Joachim Küttner: *Zur Entstehung der Föhnwelle. Untersuchung auf Grund von Wellensegelflügen und Beobachtungen an der Moazagotl-Wolke*. Dissertation, Hansische Universität Hamburg 1939, mit Dank an Hans Volkert vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Ganz besonders danke ich Andreas Dörnbrack (ebenfalls DLR) für ein Interview Küttners in meinem Namen am 26. Mai 2009 in Boulder, in welchem viele der biografischen Details geklärt werden konnten.

28 / Für das Jahr 1936 ist sogar ein argwöhnisch beäugter Besuch eines Hauptmanns der Royal Air Force belegt: „Ihm schien die Sache nach 2 Std. langweilig zu werden. Er fing an, den wilden Mann zu spielen. Hinter der Hölle, fern der grünen Kugel der Luftaufsicht, bewegte er sich in wilden Schwüngen vor und hinter dem Hang. Als er sich über der Startstelle sehen ließ, brachte ihn erst eine rote Leuchtkugel zur Vernunft.“ Anonym: „Reichssegelflug-Klubschule Grunau“ in: *Deutsche Luftwacht: Luftwelt* (DLL) 4/1 (1937), S. 28.

29 / Küttner, Moazagotl, S. 101.

30 / Ebd., S. 102. Vgl. Paul Steinig: „Das Moazagotl vom 21. Mai“, in: *DLL* 4/10 (1937), S. 369–370, hier S. 370.

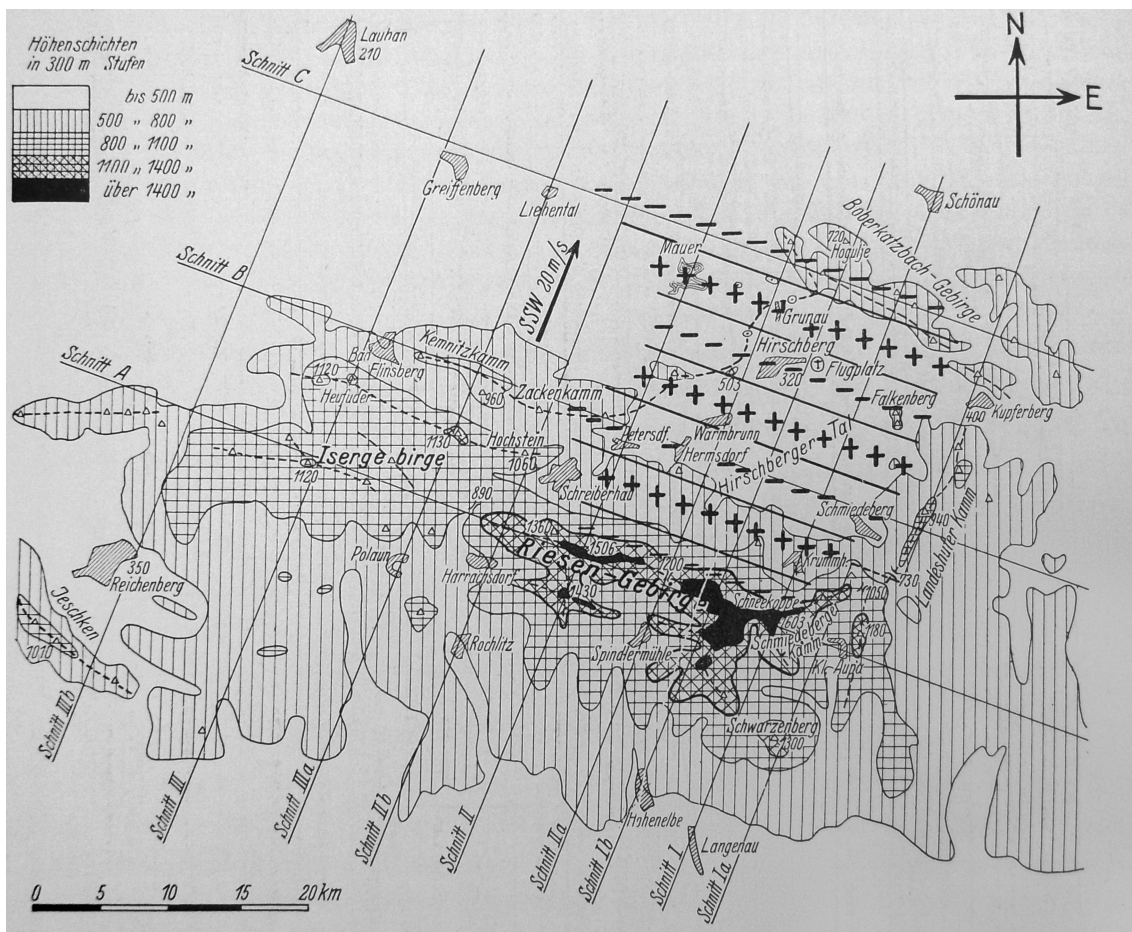
31 / Whelan, Monster, S. 5.

ses Aufwindphänomen tatsächlich nicht mehr mit dem Grunauer Hügel, sondern vielmehr mit dem weitaus fernerer Riesengebirge zusammenhängen musste. Die „lange Welle“ war „entdeckt“.<sup>26, 3</sup>

Vier Jahre später unternahm der Doktorand Küttner eine konkrete Untersuchung dieser offenbar vom Gebirge ausgelösten Welle, welche alle bis dahin gekannten Vorstellungen über die Möglichkeiten des Segelflugs sprengte. Küttner hatte kurz bei Georgii in Darmstadt sowie bei Raethjen in Hamburg studiert, bevor er an mehreren Segelflugexpeditionen (u. a. mit Hanna Reitsch) nach Skandinavien teilnahm. Daraus ergab sich ein einjähriger Aufenthalt an der Universität Helsinki, wo er zur Aerologie Lapplands und den Segelflugmöglichkeiten in der Arktis arbeitete.<sup>27</sup> 1937 dann setzte er sein Studium in Hamburg fort. Das Thema seiner Dissertation brachte ihn jedoch zunächst einmal in seine alte Heimat.

Wie jedes Jahr fand auch 1937 zur Pfingstwoche der „Schlesische Segelflugwettbewerb“ auf dem inzwischen in Reichssegelflugschule umbenannten und dem NS-Fliegerkorps unterstellten Galgenberg statt, und wie jedes Jahr fanden sich dazu neben lokalen Größen auch Piloten von der Rhön und aus Rossitten, aber auch aus anderen Ländern ein.<sup>28</sup> Die 10-km-Grenzsperrezone entlang der am Kamm verlaufenden deutsch-tschechischen Grenze war für die Grunauer Flieger schon zuvor auf 5 km verringert worden.<sup>29</sup> Somit waren Flüge direkt unter der Moazagotl-Wolke möglich. Am Freitag, den 21. Mai, „einen Tag, an welchem Saharaluft unter Staubstürmen und tropischen Temperaturen nach Europa hereinbrach und zu einer mächtigen Moazagotl-Wolke am Riesengebirge mit fast 6000 m Basishöhe führte“<sup>30</sup>, nahm Küttner die maßgeblichen Messungen für seine Doktorarbeit vor. Dazu stattete er 22 Wettbewerbsteilnehmer mit Barografen aus und ließ sie detaillierte Flugberichte anfertigen.<sup>31</sup> Aus der agonalen Befahrung des gesamten

4 Aufsicht des Wellenfelds im Lee des Riesengebirges am Vormittag des 21. Mai 1937. Plus = aufsteigende, minus = absteigende Luftbewegung (aus: Küttner, Moazagotl, S. 104)



Wellenfeldes sollte eine kollektive Datenerhebung werden. Tatsächlich fielen die Berichte höchst unterschiedlich aus: „Mannigfach waren die



32 / Steinig, Moazagotl, S. 369. Steinig flog noch am selben Tag in der Welle den neuen Höhenweltrekord von 5760 m.

33 / Küttner, Moazagotl, S. 105. Vgl. Joachim Küttner: „Zur Entstehung der Föhnwelle“, in: *BPA* 25 (1939), S. 251–299, hier S. 282.

34 / Steinig, Moazagotl, S. 370 (Herv. d. Verf.).

35 / Paul Raethjen: „Zur Vertikalbewegung im atmosphärischen Kontinuum (IV. Teil)“, in: *Meteorologische Zeitschrift* 46 (1929), S. 420–435, hier S. 429.

Erlebnisse“, teilte Küttners Fluglehrer Paul Steinig der Leserschaft der *Deutschen Luftwacht* mit.<sup>32</sup> „So fanden die einen es in 4000 m schon sehr kalt und vereisten, während andere im bloßen Sporthemd in fast 6000 m noch schwitzten. Die einen meinen, es war saubockig, die anderen wieder hatten Mühe, nicht einzuschlafen, weil es einlullend ruhig war.“ Anhand der stark voneinander abweichenden Barogramme und Flugberichte gelang es Küttner, ein dreidimensionales Profil der Atmosphäre über dem Hirschberger Tal zu erstellen (Aufsicht davon in 4). Mit der diagrammatischen Aufbereitung der Druckmessergebnisse zu einer atmosphärischen Topografie wurde die Wellennatur des Auftriebsphänomens in ihrem gesamten Ausmaß augenscheinlich. Umhersegelnde Barografen hatten die Leewelle erstmalig kartografiert.

Dass man sich als Pilot tatsächlich in einer stehenden Welle befand, war unmittelbar erfahrbar:

„1. Beim Flug mit dem Wind geht die Flugbahn weich und kontinuierlich vom Steigen ins Fallen, vom Fallen ins Steigen über, und so fort, ohne daß dabei die geringste Böigkeit oder sprunghafte Änderungen der Vertikalbewegungen erfolgen. [...] Die Luft ist oberhalb der turbulenten Bodenschicht absolut ruhig...

2. Beim Flug gegen den Wind [...] kann man [...] auf der Vorderseite des Wellenberges bis in gewaltige Höhen hochsteigen, ohne daß dabei eine Änderung des Standortes über Grund erfolgt. Dieser Stillstand der Vertikalbewegung über Grund bei Windgeschwindigkeiten um 60–70 km/Std. ist das Hauptmerkmal ortsfester Wellen.“<sup>33</sup>

Während so die „Wellenzahl von den meisten [...] auf 3 bis 4 spürbar festgestellt“<sup>34</sup> wurde, blieb die eigentliche Höhe der Gebirgswellenformation noch unklar. Paul Raethjen hatte bereits gezeigt, wie die Wellenlänge einer atmosphärischen Schwingung theoretisch aus der Windstärke und der Temperaturhöhenkurve abzuleiten wäre,<sup>35</sup> die Amplitude jedoch musste noch empirisch ermittelt, d. h. abgefahren werden.

84–85  
14–15 / 26

ilinx 1, 2009  
*Rosol*, Rotoren und Leewellen

5 Moazagotl am 14. September 1937



Auf diese Gelegenheit musste Küttner allerdings den ganzen Sommer lang warten. Im Radio und in den Zeitungen fand derweil die Arisierung des Himalaya statt. Mit heftigen Propagandafeuerwerken wurde die eilig zusammengestellte Bergungsexpedition zum Nanga Parbat in der Kashmir-Region begleitet, dessen dritter Bezwingungsversuch wieder einmal am



36 / Küttner, Moazagotl, S. 89.

37 / Joachim Küttner: „6800 m im Segelflug“, in: *DLL* 4/1 (1937), S. 398–399, hier S. 398.

38 / Whelan, Monster, S. 8.

unberechenbaren Wetter des „Schicksalsbergs der Deutschen“ gescheitert war. Angekündigt vom Himalaya-Fisch, dem „gefürchteten Vorboten der Monsum-Schneestürme“,<sup>36</sup> waren sieben Bergsteiger, neun Sherpas und ungezählte Hakenkreuz-Flaggen auf 6185 m Höhe verloren gegangen.

Mitte September tauchte entlang des Riesengebirges endlich wieder der heimatliche Moazagotl-Fisch auf.<sup>5</sup> Küttner machte einen offenen *Rhönbussard* startklar. Er beschichtete die Schreibwalze des 8000-m-Thermobarografen mit Kampferruß zur Kontrastierung, zog den Uhrwerksmechanismus auf und ließ das Gerät von einem Zeugen versiegeln. Einen zweiten 3000-m-Barografen befestigte er noch an seinem Fallschirm. Nach einem turbulenten Schleppaufstieg in Richtung Riesengebirge – „oft fielen wir mit Vollgas [...] 2–4 m/sec, und [das Schleppflugzeug] führte richtige Tänze auf“<sup>37</sup> – klinkte sich Küttner in 1000 m Höhe aus und segelte in der stehenden Welle ruhig aufwärts. Die Hände konnte er dabei vom Steuergerät nehmen, der Rhönbussard flog ganz von selbst. Bei 3000 m erreichte Küttner die Basis der Moazagotl-Wolke, doppelt so hoch wie der Riesengebirgskamm. In der wolkenfreien, horizontalen Lücke zwischen beiden trieb es ihn immer höher. Aufgrund fehlender Landmarkierungen und völlig gleichmäßiger Veränderungen der Windverhältnisse konnte er dabei nur noch erahnen, ob er sich noch im Wellenauftrieb befand oder nicht.

“No surges beneath his seat, nor tugs against his seatbelt, to help him decipher what the air was doing. He had to rely upon the information provided by his instruments and the mental picture they painted for him. Kuettner’s early wave flying was proving leisurely analytical. He was in his element.”<sup>38</sup>

Als der Höhenmesser ausstieg und der 3000-m-Barograf auf seinem Bauch schon lange über den Rand hinwegschrieb, blieb ihm nur noch der raufreißbesetzte 8000er-Thermobarograf als Anzeige seiner eigenen Situation.

39 / Vanda Grubisic / John Lewis: „Siererra Wave Project Revisited—50 Years Later“, in: *Bulletin of the American Meteorological Society* 85 (2004), S. 1127–1142, hier S. 1127.

40 / Maßgeblich für die deutschen Bemühungen um ein mechanisches Integriergerät waren die Arbeiten von Alwin Walther, Professor am Institut für Praktische Mathematik (IPM) der TH Darmstadt. Im Herbst 1939 erhielt das IPM den Auftrag, die rein ballistischen Bahnen von zukünftigen Vergeltungswaffen „instrumentell“ berechenbar zu machen.

41 / 1946 verlobte der Mathematiker John von Neumann Meteorologie und Computer mit der folgenreichen Initiierung des sogenannten Meteorology Projects am Institute for Advanced Study in Princeton. Episteme des elektronischen Computers und Episteme der atmosphärischen Zirkulationsmodelle gingen dabei – wie es sich für Verlobte gehört – Hand in Hand.

42 / Zur Geschichte der Windkanalversuche inkl. ihres pynchonesken Querverweises zur Segelfliegerei, aber auch zur absoluten Verschmelzung des Piloten mit seinem Flugzeug siehe die reichhaltige Studie von Peter Berz: „Mach 1“, in: Christoph Hoffmann / ders. (Hg.), *Über Schall. Ernst Machs und Peter Salchers*

Radikaler noch, als es sich Georgii hatte träumen lassen, war das Segelflugzeug zu einem buchstäblichen Messgerät geworden. Den Elementen ausgesetzt, flog das Instrumentenboard Mensch-Flugzeug als reines Schreibgerät die steile Aufwindkurve der Leewelle ab. Analog einem Schwebeballong nahm das Experiment damit eine quasi-Lagrange'sche Perspektive auf das Phänomen selbst ein, d.h. es selbst vollzog die Bewegung eines Luftpakets im Windkanal namens freie Atmosphäre.<sup>39</sup> Analog und präziser als ein jeder *differential analyzer*, für welchen man sich gerade in Darmstadt zu interessieren begann,<sup>40</sup> integrierte es die Strömungsbahn der atmosphärischen Welle. Fuhr beim *differential analyzer* ein Aufnahmestift eine Kurve auf einem Zeichentisch ab, um diese dann mittels mechanischem Integrierwerk zu analysieren, glitt das Segelflugzeug in einer Art Realtrajektorie die Strömung entlang, während der Druckschreiber diese zugleich abtastete und inskribierte. Knapp ein Jahrzehnt, bevor der digitale Computer als Königsinstrument zur Simulation makroskaliger Atmosphärenprozesse konzeptioniert wurde,<sup>41</sup> etablierte das Segelflugzeug eine nahezu perfekte analoge Eintracht von Meteorologie, Maschine, Messung und Mensch im Kontinuum. Es handelte sich dabei nicht mehr um eine zweidimensionale Abbildungsstrategie, wie sie in der Kinematografie von Aufwinden mithilfe von Meßkinos oder der Momentfotografie von Aerodynamiken mithilfe von Schlierenapparaturen (jenem fulminanten Herzstück aller Windkanalmeßstrecken) das Meßmedium par excellence darstellten. Im wahrsten Sinne leibhaftiger als jede der damaligen Simulationen in den Windkanälen von Göttingen, Berlin-Adlershof, Peenemünde oder Völknerode und zugleich auch laborierender als das daraus entstehende „fliegende Laboratorium“ Rakete selbst, war 1937 über dem Riesengebirge das Strömungs-Experiment völlig in der unmittelbaren dreidimensionalen Präsenz seiner experimenteltechnischen Situation aufgegangen.<sup>42</sup>

*Geschoßfotografien*, Göttingen 2001. Das Zitat zum fliegenden Laboratorium entnimmt Berz Ruth Krafts autobiografisch inspiriertem Roman *Insel ohne Leuchtfener* (ebd., S. 419).

43 / Küttner, 6800 m, S. 399.

44 / Andreas Dörnbrack / Rene Heise / Joachim Küttner: „Wellen und Rotoren“, in: *promet* 32 (2006), S. 18–24, hier S. 23. Größere Gebirge lenken die Wellen noch deutlich stärker aus. Im Oktober 1940 fand unter Georgiis Ägide ein Wellensegelflug über den Alpen statt, der den Piloten in über 11 km Höhe, also bereits in die Stratosphäre, verschlug (Georgii, Forschen, S. 251). Als Richtwert gilt, dass Gebirgswellen mit einer Wellenlänge von weniger als 26 km größtenteils noch an der Tropopause zurückreflektiert werden, jene mit größeren Wellenlängen jedoch bis zu 30 km hoch reichen können (Walter Georgii: *Kinematik der Leewellenströmung*, Bericht 67–20, DVL (1967), S. 17f.). Die auch nächtlich irisierenden Perlmutterwolken über nördlichen Breiten sind prachtvolle Zeugen davon.

45 / Whelan, Monster, S. 10.

Dem in dieser Auflösung sich befindenden Subjekt blieben denn auch halluzinatorische Effekte nicht erspart. Bei ca. 6800 m, als von den Füßen vor Kälte nichts mehr zu spüren war und er wegen Sauerstoffmangels bereits begann, zwei Sonnen zu sehen und vorne und hinten zu vertauschen, brach Küttner den Flug, immer noch über der Ausklinkstelle stehend, ab. Er nahm all sein Restbewusstsein zusammen, flog seitwärts an der Wolke entlang bis zu ihrem östlichen Ende und drehte dann das Flugzeug in den Abwind. Eine dreiviertel Stunde später fingen die Instrumente wieder zu schreiben an. Im Gleitflug ging es weiter abwärts bis Oberschlesien, wo er im Garten eines Bauern landete, „der mir mit offenen Armen entgegenkam, während seine Frau vor Schreck polnische Flüche ausstieß“<sup>43</sup>.

Mit diesem transzendenten Flug in der ersten Welle über dem Hirschberger Tal konnte Küttner belegen, „daß ein verhältnismäßig kleines Gebirge von 25 km Länge und 1,5 km Höhe, die gesamte Troposphäre in Schwingung versetzen konnte.“<sup>44</sup> Eine solche Schwingung legte nahe, dass es sich bei diesem „Monster“ um eine der gewaltigsten Dynamiken in der Atmosphäre handelte, gleich nach Corioliskraft und der Stärke ausgewachsener Stürme.<sup>45</sup> Küttner war mit ihrer Hilfe mühelos so hoch gestiegen wie noch nie ein Segelflieger zuvor und wohl auch nie einer mehr mit offenem Cockpit, ohne Winterkleidung und ohne Sauerstoffgerät danach. Küttner wurde die Fliegerlizenz entzogen.

v.  $Re = 2300$

Was war allerdings mit den Berichten über turbulente Starts, über „saubokige“ Böen und tanzende Schleppmaschinen? Noch einmal Paul Steinig zum 21. Mai: „Ich selbst soff zweimal ab, das letzte Mal in Giersdorf, wo ich ein moazagotlyptisches Erlebnis hatte. Der Wind war bei meiner Landung 1 bis 2 m Ost. Als ich vom Melden meiner Landung zum Flugplatz

46 / Steinig, Moazagotl, S. 370.

47 / Georgii, Kinematik, S. 12 f.

48 / Dörnbrack, Wellen, S. 23; Grubisic, Sierra, S. 1140.

49 / Berz, Mach 1, S. 453.

50 / Küttner, Moazagotl, S. 111. Zum Vergleich: Die Fahrstuhlgeschwindigkeit des Berliner Fernsehturms beträgt 6 m/s.

zurückkam – nach etwa 10 bis 15 Minuten –, brach plötzlich ein starker Sturm los. [...] 15 bis 20 m Südsturm, urplötzlich aus der Luft gefallen.“<sup>46</sup>

Abhängig von der konkreten Bodenbeschaffenheit und der Anströmgeschwindigkeit des Windes können sich direkt unter den Leewellenbergen mächtige Wirbelwalzen herausbilden. Diese sich in der Regel um eine horizontale Rotationsachse drehenden „Rotoren“ erreichen dabei oft die Höhe des angrenzenden Gebirges, sie können aber vereinzelt auch noch weitaus größere Ausmaße annehmen. Solche extremen Rotoren setzen voraus, dass ein vorhandener Kaltluftsee im Tal durch ein nahe stehendes Tief zügig abgesaugt wird, sodass die Föhnströmung vom Gebirgshang wasserfallartig nachstürzen kann. Existiert bereits eine Staubewölkung am Kamm, eine sogenannte „Föhnmauer“ (vgl. <sup>3</sup>), so ist diese ausgelöste Kaskade höchst anschaulich zu beobachten. Wie bei einem tatsächlichen Wasserfall entsteht dabei am Übergang von schießender zu strömender Bewegung eine Art Wasser- oder eben „Luftsprung“, also eine Verwirbelung bei gleichzeitiger Hebung der Luftmassen.<sup>47</sup>

Viel mehr weiß man auch heute noch nicht über Rotoren zu sagen. Im Gegensatz zu den Leewellen ist die naturgemäß ungleich komplexere Herausbildung und Struktur der nur schwer zu berechnenden (modellierenden), geschweige denn zu messenden „Stromschnellen der Luft“ bis in jüngere Zeit kaum erforscht.<sup>48</sup> Immerhin durchflog schon 1935 ein Grunauer Motorpilot systematisch einen Rotor. Da Küttner seine Lizenz verloren hatte, blieb es seinem Flugpartner Ziller vorbehalten, im Oktober 1937 diese turbulente Fahrt zu wiederholen und dabei Messungen vorzunehmen. „Der Held ist der, der aus dem Reich des Dämons Daten mitbringt.“<sup>49</sup> Ziller stellte dabei im aufsteigenden Ast Vertikalgeschwindigkeiten von bis zu 12 m/s fest.<sup>50</sup> Im absteigenden Ast wurde ein Flugzeug trotz Vollgas mit der Geschwindigkeit eines Fallschirms herabbefördert. Während eine kontrollierte Steuerung in solch einem Rotor nahezu

51 / Humberto R. Maturana / Francisco Varela: *Der Baum der Erkenntnis: die biologischen Wurzeln des menschlichen Erkennens*, Bern 1987 (orig. 1984), S. 27, 106 ff. Die beiden Biologen und Kognitionswissenschaftler gehen zwar in ihrer begrifflichen Einführung der Perturbation erst einmal vom lebendigen System aus, wollen ihn allerdings auf „alle Interaktionen“ (S. 106) verstanden wissen. In der für die heutige Meteorologie ausschlaggebenden englischen Sprache ist der Begriff „perturbation“ als (Druck-)Störung omnipräsent.

52 / Küttner, Moazagotl, S. 109.

unmöglich blieb, herrschten nur wenige Meter darüber „einlullende“ Zustände, die einen das Steuern verträumt vergessen ließen. Schwindelerregende Wirbel und halluzinogene Höhenflüge lagen hier außerordentlich dicht beieinander.

Bekanntlich sind nach Maturana und Varela Perturbationen keine Disturbationen. Zustandsänderungen eines Systems werden also durch Störungen aus der Umwelt nur ausgelöst und nicht etwa determiniert; zu welchem konkreten Wandel es infolge der Perturbation in der Struktur eines Systems letztendlich kommt, schreibt ebenjene Struktur des Systems selbst vor.<sup>51</sup> Für den Taumel der Piloten bedeutet das den autopoi-etischen Aufrechterhaltungsversuch ihrer kognitiven Funktionen. Für die „Verstörung“ des Himmels durch Rübezahl's perturbierende Granitwege wiederum bedeutet es zunächst lediglich, dass die Form des Strudels nur in der dynamischen Konstitution des Luftmeers selbst zu finden ist. Das orografische Hindernis löst das schizophrene Gefüge Rotor/Leewelle aus, modulieren tut es sich letztlich aber selbst. Irgendwie. Klar ist nur, dass die ausgeprägte vertikale Zweiteilung der Atmosphäre in äußerste Tal-Turbulenz und darüber gelagertem quasi-laminaren Gebirgswellenberg zusammen ein gekoppeltes System von harmonischer Stabilität und verwirbelter Instabilität bildet, welches sich sowohl gegenseitig hervorbringt als auch strikt voneinander scheidet. Dabei ist die Unterscheidung nur schwer zu treffen, welches von beiden dem Delirium nähersteht: der turbulente Wirbel oder der laminare Fahrstuhl in die oberen Stockwerke der Atmosphäre. Herrscht nach Küttner in den Rotoren noch „eine unvorstellbare Böigkeit“, so ist „der Übergang in den ruhigen Wellenaufwind so krass und auffällig, dass man glaubt, in ein Totenhaus einzutreten.“<sup>52</sup> Noch gravierender tritt die widersätzliche Atmomorphologie von langweiliger Strukturfestigkeit und dramatischer Nichtkohärenz in Grenzschichtnähe hervor. Sinkt ein Rotor in Bodennähe ab, so treten dort oft

90-91  
20-21 / 26

ilinx 1, 2009  
*Rosol*, Rotoren und Leewellen

6 1937 (aus: Küttner, Moazagotl, S. 109)





orkanartige Böen auf, während zugleich in den umliegenden Luftmassen nahezu Windstille herrscht. An diesem scharfen Übergang von Vortex zu Flaute entstehen zudem häufig Kleintromben, besser bekannt als Staubteufel oder Sandhosen. Die leicht hin und her wandernde Position der Rotoren inmitten einer trügerischen Stille, ihre „urplötzlich aus der Luft gefallene“ Existenz, ist der Grund ihrer verheerenden Wirkung. Strömung und Störung: Was der Prandtl'sche Windkanal als Turbulenzumschlag definierte, ist in der freien Atmosphäre der (wunderliche) Wetterumschwung. Die Sturmescharfe spielt die Reynoldszahl namens Rubezahl virtuos.

Zwei Tage nach seinem spektakulären Höhenflug machte Küttner eine seiner zahlreichen dokumentarischen Fotoaufnahmen <sup>6</sup> vom Zustand des Himmels, für diesmal über dem Kurort Krummhübel, der Endstation einer beschaulichen, halbstündigen Bahnfahrt von Hirschberg hinauf ins Gebirge. Sie zeigt ein kahles, etwas unheimlich wirkendes Haus, die Fenster dem altweiberlichen Spätsommervormittag geöffnet, die schlaffen Vorhänge halb geschlossen. Von der Ecke des Hauses geht eine Telefonleitung ab, scheinbar mitten hinein in die offenbar regungslose und durch die Belichtung völlig geschwärzte Weißstanne. Darüber zwei kompakte und federleicht anmutende Wolken, Schönwetterwolken wie es scheint. Wie in einer Kurve hintereinander angeordnet befinden sich in der Tiefenverlängerung des Himmels zwei weitere, ganz ähnliche Wolkenformationen. Es handelt sich um einen Rotor im Querschnitt. Tatsächlich bemerkt man bei genauerem Hinsehen, dass die vermeintlichen Schönwetterwolken nicht so friedlich sein können. Ihr zunächst unbemerkt gebliebener, kontrastreicher Gegensatz zwischen dem gelben Weiß der oberen und dem finsternen Dunkelgrau der unteren Wolke, mehr aber noch ihre zerzausten Ränder lassen auf heftige, interne Dynamiken schließen. Die Idylle der Szene bekommt etwas Bedrohliches.

53 / Ebd., S. III.

54 / Georgii, Forschen, S. 219. Fritzsche, Nation, S. 130 sieht das naturgemäß etwas anders. Für die entscheidende Reichstagswahl im Juli 1932 wurde angesichts tausender Besucher des Rhön-Spektakels eigens eine Urne auf der Wasserkuppe aufgestellt. Die Nationalsozialisten erhielten etwa 55% der Stimmen, deutlich über dem landesweiten Ergebnis von 37%. Zugleich gab es aber auch die anderen 45%. Fritzsches sozialpsychologische Analyse der Weimarer Segelfliegerei fällt es denn auch schwer, ein einigermaßen homogenes Bild der neuerweckten nationalen Elite zu liefern, als welche die Segelflieger stilisiert wurden. Trotzdem: „The point is not that gliding camps in the 1920s nurtured Nazis but that the unpretentious and cooperative spirit and self-reliant nationalism that gliding cherished eventually fostered an unmistakable empathy for the National Socialist message“ (ebd.).

Während in Krummhübel abgedunkelte Grabesstille herrscht, ballt sich darüber der Terror. Was Küttners Kamera hier eingefangen hat, gibt er kurz danach in Worten wieder:

„Ich habe einmal, in Windstille und Sonnenschein, unter einem Rotor sitzend, beobachtet, wie ein Schwarm von Zugvögeln, der unglücklicherweise den Weg des Rotors kreuzte, darin über 1000 m emporgerissen wurde. In einem horizontalen Abstand von nur 2–300 m von meinem windstillen Aufenthaltsort herrschte am Boden ein zerstörender Sturm, der Motorradfahrer umwarf und sich wie eine Meeresbrandung anhörte.“<sup>53</sup>

#### VI. *Re* = 2310

Ein Jahr später begann die Verheerung Europas, indem Nazi-Deutschland auch die restliche 5-km-Sperrzone am Riesengebirgskamm missachtete und das Sudetenland besetzte. Fünf Monate darauf annektierte es die „Rest-Tschechei“. Wiederum nur ein halbes Jahr später wurde eine inszenierte Turbulenz am oberschlesischen Grenzzort Gleiwitz zum Anlass genommen, deutsche Kampfflieger und Motorräder polnischen Gärten und Städten zum todbringenden Fluch werden zu lassen. Die verstörende Idylle der Zwischenkriegszeit in ihrer wie laminar strömenden Bewegung der Massen war durch die schleichende Erhöhung der Reynoldszahl zu einem zerstörerischen und menschenverachtenden Irrsinn eskaliert. Am Himmel, auf den Straßen und im Radio dröhnte nur noch Motorrenbrandung.

Der Segelflug hatte da längst seine scheinbar federleichte Unschuld verloren. Bemerkte man 1933 noch oben „im Fliegerlager der Wasserkuppe nichts von den hitzigen Wahlschlachten, die sich unten im Tale abspielten“<sup>54</sup>, so waren alsbald die Folgen dieser Wahl auch bei den Segelfliegern angekommen: „Die Aufrüstung der Luftwaffe war das größte industrielle

55 / Lutz Budrass: „Zwischen Unternehmen und Luftwaffe. Die Luftfahrtforschung im Dritten Reich“, in: Helmut Maier (Hg.), *Rüstungsforschung im Nationalsozialismus. Organisation, Mobilisierung und Entgrenzung der Technikwissenschaften*, Göttingen 2002, S. 160.

56 / Fritz Stamer: *Deutscher Segelflug. Vaterländische Tat und fliegerische Jugendbewegung. Werden, Wesen und Aufgaben*, Leipzig 1937, S. 12f und S. 25.

57 / Georgii, Forschen, S. 198.

58 / William W. Kellogg: „Interview of Joachim B. [sic] Küttner“, Boulder, 21. Oct. 1994, nicht ediertes Transkript, American Meteorological Society / University Corporation for Atmospheric Research.

59 / Taba, Interview, S. 40. Die 55-m-Spannweite der Gigant ist vergleichbar mit derjenigen heutiger Jumbojets. Bei einem der Testeinsätze entkam Küttner nur knapp einem solchen aufgrund von Flattern überschlagenden Koloss, nur um festzustellen, dass die Reißleine seines Fallschirms verknotet war. Erst Sekunden vor dem Aufprall ließ sich der Schirm öffnen (Whelan, *Monster*, S. 27).

Projekt des ‚Dritten Reiches‘<sup>55</sup>, die Integration von Luftfahrtindustrie und Luftfahrtforschung das zentrale planerische Manöver des Reichsluftfahrtministeriums und der Nachwuchs von qualifizierten Fliegern, die zugleich etwas vom Flugzeugbau verstanden, das wichtigste Anliegen von Görings Luftsportverband. Die erfolgreiche deutsche Segelfliegerei der Zwischenkriegszeit wurde von strammen Nazis wie dem Rhön-Fluglehrer und DFS-Abteilungsleiter für Flugforschung Fritz Stamer zu einer heroischen Bewegung hochstilisiert, deren charakterliche Primärstellung sich nicht zuletzt aus ihrem Nukleus der versprengten „feldgrauen“ und Heimat verratenen Weltkriegsflieger herleiten ließ.<sup>56</sup> Das Grunau Baby wurde zum Rückgrat der paramilitärischen Pilotenausbildung des NS-Fliegerkorps und der Frontsegelflug vor dem Rhön-Gewitter zum motorisierten Frontflug über ganz Europa. „Veronika die Front ist da, die Flieger singen tralala ...“<sup>57</sup>

Joachim Küttner durfte seine Fluglizenz alsbald wiederbekommen. Seine theoretisch untermauerten Fliegerqualitäten waren mehr denn je gefragt. Zunächst für die Luftwaffe verpflichtet und dort an verschiedenen ein- und mehrmotorigen Flugzeugen ausgebildet, wurde er anschließend als Testpilot und Flugingenieur bei Luftfahrtunternehmen wie Arado, Dornier und später Zeppelin engagiert. Bestens vertraut mit hydrodynamischer Strömungsmechanik à la Prandtl beschäftigte er sich so u. a. mit Verfahren der Grenzschichtkontrolle, bei welchen die Rand-Turbulenzen an Tragflächen weggeblasen bzw. abgesaugt wurden.<sup>58</sup> Über die Bekanntschaft mit Hugo Eckener, dem ehemaligen Direktor der Zeppelinwerke, wurde er schließlich Testflieger der Messerschmitt *Gigant*, eines riesigen Lastenseglers, der ursprünglich für den Transport von Truppen und Material für die Eroberung Englands konzipiert wurde.<sup>59</sup> Vorarbeiten für dieses damals größte Flugzeug der Welt hatte die DFS mit ihrem seit 1936 konzipierten Lastensegler *DFS 230* geleistet. Schon damals war

60 / Georgii, Forschen, S. 252 ff.

61 / Whelan, Monster, S. 27.

62 / Auch die bemannte Raketenfahrt hatte Segelflugtradition: 1928 bereits hatte Fritz Stamer auf der Wasserkuppe einen Ritt auf der vom Leiter des DFS-Konstruktionsbüros Alexander Lippisch konstruierten *Ente* gewagt. Der bald daraufhin eingeführte Flugzeugschlepp machte den Raketenstart zunächst obsolet, bevor er bekanntlich im Dritten Reich wieder eine zentrale Rolle gewann. Lippischs Konstruktion eines Raketenjägers wurde in den Messerschmitt-Werken seriengefertigt.

63 / Nach eigenen Angaben Küttner, via Manfred E. Reinhardt (s. Anm. 67). Auch bei diesem lokalen Flug kam es wieder zu einer kritischen Notlandung als die Triebwerke nicht zündeten und die V-1 vom Trägerflugzeug abgekoppelt werden musste. Der ehemalige Mercury-Astronaut Gordon Cooper spricht gar von mehreren Einsätzen Küttners in der V-1: Gordon Cooper: „First Rocket We Will Ride“, in: *Life Magazine* 49/14 (1960), S. 79–85, hier S. 85. Dies deutet auch Karen J. Weitze: *Keeping the Edge. Air Force Materiel Command Cold War Context (1945–1991)*, Bd. 1, Wright Patterson Air Force Base, OH 2003, S. 178 an. Anscheinend handelt es sich hier-

klar, dass sich ein solches Großsegelflugzeug für Forschungsflüge, mehr aber noch für Truppentransporte eignen würde.<sup>60</sup> Tatsächlich wurde die DFS 230 bei der Invasion Belgiens und Kretas sowie an der nordafrikanischen Küste und an der Ostfront eingesetzt. Während die Grundlagenforschung der Atmosphäre am Boden lag, war der Segelflug zu einem Hilfsmittel der (Einwegs-)Verfrachtung im Blitzkrieg degradiert worden. Küttner bekam in seinen wechselnden Anstellungen mehrmals Schwierigkeiten mit politischen Kadern und enthielt dementsprechend immer wieder Flugverbot. Oft konnten diese erst durch die Intervention seiner langjährigen Freundin Hanna Reitsch wieder aufgehoben werden.<sup>61</sup> Möglicherweise war sie es auch, die ihn mit den Erprobungen des sogenannten *Reichenberg-Geräts*, der bemannten *Vergeltungswaffe 1*, in Kontakt brachte. Aus der Hanna Reitsch auf dem Fahrrad war längst die Hanna Reitsch auf der V-1 geworden.<sup>62</sup> In zumindest einem Falle unternahm Küttner einen Testflug.<sup>63</sup> Als Rübezahls Riesengebirge nicht mehr als sommerliches Dorado von mythenverbundenen Künstlern, städtischen Segelflugschülern und umgesattelten Doktoranden, sondern nur noch als von Insassen des KZ Groß-Rosen bewahrter „Luftschutzbunker Deutschlands“<sup>64</sup> galt, war Küttner schon lange nicht mehr mit meteorologischen Strömungsbahnen, sondern nur noch mit rein ballistischen beschäftigt.

### *Epilog*

Mehr als ein Jahrzehnt später sollte Küttner als Leiter des Mercury Projects am Marshall Space Flight Center der NASA die bemannte Luftfahrt als bemannte Raumfahrt weiterführen. Küttner hatte nach dem Krieg die zerstörte Wetterstation auf der Zugspitze wieder in Gang gebracht und dabei in aller Einsamkeit periodische Luftlawinen, den Flug von Hochgebirgsvögeln und insbesondere auch – mithilfe eines Technikers und

bei allerdings um Verwechslungen bzw. Übertreibungen.

64 / Arno Herzig: „Das Riesengebirge. Kultur und Geschichte bis 1945“, in: Klaus Bzdziach (Hg.), *Die imposante Landschaft. Künstler und Künstlerkolonien im Riesengebirge im 20. Jahrhundert*, Berlin / Jelenia Gora 1999, S. 19–37, hier S. 27.

65 / Joachim Küttner: „Erinnerungen 1945–48“, in: Klaus Wege (Hg.), *Die Geschichte der Wetterstation Zugspitze*, Offenbach 2000, S. 70–75; Kellog, Interview, o. S. Hier und im Folgenden vgl. Taba, Interview, S. 40ff.

66 / Grubisic, Sierra.

67 / Küttner, Erinnerungen, S. 72.

Violinspielpartners von der benachbarten amerikanischen Radiostation – die Lufterlektrizität von Gewitterstürmen studiert und verspürt.<sup>65</sup> 1948 besuchte ihn der schon 24 Jahre zuvor nach Amerika emigrierte Rhön-Rekordsegler Wolfgang Klemperer dort oben. Insbesondere die von Klemperer in Aussicht gestellte Wiederaufnahme des wissenschaftlichen Segelfliegens überzeugte Küttner, als einer der letzten Wolkenwissenschaftler der Operation Overcast in die USA auszuwandern. Angestellt beim Geophysical Research Directorate der US Air Force nahe Boston, oblag es ihm insbesondere, seine weltberühmten Segelflugexperimente zu den Gebirgswellen im großen Stile über der Sierra Nevada weiterzuführen.<sup>66</sup> 1958 revanchierte sich Wernher von Braun für alte Dienst<sup>67</sup> und holte Küttner nach Huntsville, Alabama, um ihm die Projektleitung der bemannten, noch suborbitalen Raumfahrt sowie später auch die Systemintegration von Apollo-Raumschiff und Saturn-V-Rakete für die Mondlandung zu übertragen. Doch bevor es zum Start der Apollo-Mission kam, wechselte Küttner wieder zur Meteorologie zurück, wurde zunächst Chefwissenschaftler des National Weather Satellite Centers in Washington, D.C., bald darauf Direktor der Forschungsabteilung des amerikanischen Wetterdienstes in Boulder, Colorado und, nicht zuletzt aufgrund seiner Erfahrung mit Moazagotl-Wolken, Ende der sechziger Jahre zum Vorsitzenden eines Komitees des American Institute of Aeronautics and Astronautics zur Frage der UFO-Sichtungen ernannt. Ab 1972 leitete er für die World Meteorological Organisation die internationalen Großprojekte, unter anderem ALPEx, das Alpine Experiment, welches 1982 die Luftströmung über der Alpenregion studierte.

Trotz omnipräsent gewordener numerischer Simulation und ausgefeilter remote-sensing-Technologien sind bis heute Segelflugzeuge an der Lee-Wellen-Datengewinnung beteiligt. Das „Leitbild der drei ‚M‘ – Mensch, Maschine, Meteorologie – auch manchmal die ‚fliegerische Dreieinigkeit‘

68 / Der ehemalige Direktor des DLR Instituts für Physik der Atmosphäre, Manfred E. Reinhardt, in seiner inoffiziellen Laudatio anlässlich der Ehrenpromotion von Joachim Küttner an der LMU München am 9.11.1999 (während der Nachsitzung im *Franziskaner*). Mit Dank an M. Reinhardt für die Übersendung des Manuskripts.

von Pilot, Segelflugzeug und Atmosphäre genannt“<sup>68</sup>, hat erstaunlich wenig von seiner Aktualität verloren. Küttner hält noch immer ein Büro am National Center for Atmospheric Research in Boulder. Am 21. September 2009 ist er 100 Jahre alt geworden.